

· 光电器件与材料 ·

手机镜片非球面面形精度 PV 评价标准分析

陈科伟

(浙江舜宇光学有限公司, 浙江 余姚 315400)

摘要: 光学元件的面形精度是评价其是否符合要求的重要指标, 一般使用峰谷 PV 值作为评价标准, 即元件表面最高点与最低点的差值。 PV 值在用 UA3P 检测仪进行测量时具有较大的波动性, 易受环境影响。为更有效地对手机镜片非球面面形精度做出评价, 通过实验检讨了三种评价标准 PV 、 $PV20$ 、 PVq 对真实表面的反映情况, 结果显示 $PV20$ 、 PVq 对环境因素相对不敏感, 可以在一定程度上排除脏污点等奇异点对测量结果的不良影响; 同时证明 $PV20$ 、 PVq 对检测精度的变化相对不敏感, 以及在批次生产中具有较好的评价稳定性。

关键词: 非球面; 面形评价标准; PV ; $PV20$; PVq

中图分类号: 0439

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-04-0013-04

PV Evaluation Standard Analysis of Mobile Phone Lens Aspheric Surface Accuracy

CHEN Ke-wei

(Zhejiang Sunny Optics Co. Ltd., Yuyao 315400, China)

Abstract: Optical surface accuracy is an important index to determine whether optical components accord with requirements. Peak-to-valley (PV) value used as an evaluation standard is the difference between the highest point and the lowest point of the surface. PV value detected by UA3P detector has great variation, which is easy to be affected by environment. In order to evaluate the accuracy of mobile phone lens aspheric surface more effectively, three evaluation standards of PV , $PV20$ and PVq to reflect the actual surface are discussed through experiments. The results show that $PV20$ and PVq are relatively insensitive to environment factors and the adverse effects on measurement results from singular points such as dirty points can be eliminated to some extent. Meanwhile, it is proved that $PV20$ and PVq are relatively insensitive to detection accuracy variation and they have better evaluation stability in batch production.

Key words: aspheric surface; surface evaluation standard; peak-to-valley (PV); $PV20$; PVq

近年来,随着手机市场需求及非球面镜片技术的发展,非球面手机镜头已经广泛应用到各类手机中^[1]。非球面手机镜头主要由数个非球面镜片组成,镜片面形精度直接影响镜头的成像质量^[2-4],因此对镜片面形进行精确测量及给出正确的评价就显得十分重要^[5-8]。现对面形精度的评价中,峰谷 PV 值是其中采用较为普遍的指标之一。光学元件面形检测要

求能够反映元件的真实情况,这就需要较高的检测精度,但随着检测仪器测试精度的提高, PV 值评价标准暴露出了它的缺陷,若元件表面存在脏污点等奇异点,将有可能造成表面最大点或最低点的变更,影响 PV 真实值,特别是对于具有较大口径的光学元件^[9]。目前相关检测软件采用了改进的面形评价标准,如 WYKO 软件使用 $PV20$ 标准,4D 干涉仪使用

PV_q 标准。某公司生产手机镜片使用 UA3P 对面形进行检测,其评价标准为峰谷 PV 值,在检测中发现时而有毛刺出现,造成 PV 值变化,具有一定不确定性。文中以此公司手机镜头镜片非球面为研究对象,采用改进的标准 PV_{20} 、 PV_q 对其做了评价,探讨改进评价标准对手机镜片非球面面形评价的相关效果,对后续开展手机镜头镜片非球面面形评价具有一定的指导意义。

1 面形评价标准定义

面形精度是光学元件生产制造的其中一个重要指标,其简单定义即为光学元件表面的不平整度。其中一个表征表面不平整度的指标为峰谷 PV 值, PV 值为光学元件表面最高点与最低点之间的差值。一般情况下, PV 值越小表面就越平整。 PV_{20} 表示光学元件表面 10 个最高点的平均值和表面 10 个最低点平均值的差值。根据光学元件的波面分布按直方图表征时,各分量将呈现正态方式分布,故可除去表面数据 5% 的最大值数据和 5% 的最小值数据,经过此种方式处理来描述元件表面的面形精度,定义为 PV_q 值^[10]。 PV_{20} 和 PV_q 都能在一定程度上去除表面一些奇异点对真实表面的影响,比如表面上附着的脏点污染物或表面缺陷点。而在 UA3P 检测过程中,检测人员往往会去除一些毛刺点,这样得到的结果受人为因素影响较大,具有很大的不确定性。

2 不同评价标准对镜片表面去除奇异点的效果

手机镜片非球面在设计时会有一标准的设计面形,UA3P 在测量镜片面形时采用的是以设计面形为参考标准,即将设计面形定义成理想平面 (PV 值为零的面形),故 UA3P 测量出面形的 PV 值为相对于设计面型的 PV 值(相对 PV 值)。现通过 UA3P 扫描计算出一较理想镜片非球面(无明显奇异点)面形,其具体面形如图 1。此镜片非球面相对 PV 值为 $0.828 \mu\text{m}$ 。表 1 给出了此非球面面形在三种评价标准下的面形精度值,以及不同标准下相对于原始面形的变化百分比。从表 1 中可以看出,对于原始被测非球面三种评价标准面形精度值相差不是很大,最大的 PV_q 仅为 5.435%,因此对于较理想的非球面,通过 PV_{20} 、 PV_q 计算不影响 PV 值。

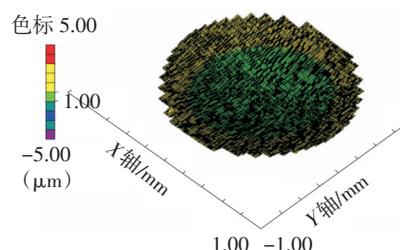


图1 较理想镜片非球面 UA3P 检测结果

表1 较理想非球面在不同评价标准下的面形精度

评估标准	面形精度值/ μm	相对原始非球面 PV 变化百分比/(%)
PV	0.828	0
PV_{20}	0.821	0.845
PV_q	0.783	5.435

现对此非球面表面进行处理,即在非球面表面添加一奇异凸出高点,如图 2 所示。根据 PV 值的定义此时 PV 值变为 $2.506 \mu\text{m}$ 。表 2 给出了增加奇异点后三种评价标准下的面形精度值,以及相对变化百分比。可以看出,经过处理的表面,通过 PV_{20} 、 PV_q 计算的值得明显小于 PV 值,且其相对变化量分别达 46.528%、68.635%,同时 PV_{20} 、 PV_q 值更接近于原始较理想的非球面 PV 值。故在存在脏污等奇异点的情况下, PV_{20} 、 PV_q 更能真实地反映非球面面形,一定程度上排除奇异点的干扰,减少对面形 PV 真实值的影响。

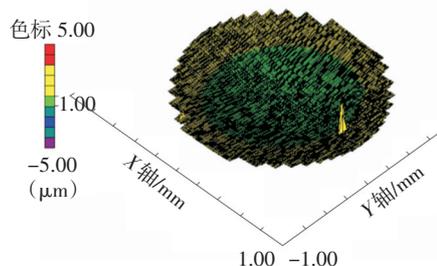


图2 添加奇异点后面形

表2 增加奇异点后三种评价标准下的面形精度

评估标准	面形精度值/ μm	相对处理后非球面 PV 变化百分比/(%)
PV	2.506	0
PV_{20}	1.340	46.528
PV_q	0.786	68.635

3 不同评价标准对检测精度的敏感度

UA3P在进行面形检测时探针需要走过一定的路径,从而得到整个面的面形情况,故扫描路径的步长不同反映了检测精度的不同。采用UA3P对一镜片非球面进行面形测量,以不同的检测步长来模拟检测精度的不同,采用的步长分别为0.02 μm、0.04 μm、0.06 μm。三种测量精度下PV值分别为1.777 μm、1.677 μm、1.454 μm,图3为三种检测步长下的面形图。

现计算其不同测试步长下的PV20和PVq值,计算结果见表3。从上述检测结果可以看出,随着

UA3P检测步长的增大,而同一检测面PV值、PV20值、PVq值都随之减小,其原因在于小的步长检测即检测精度较高,容易检测到细节特征,故易于受到脏污点等奇异点影响,相反当步长增加到0.06 μm后,受一些脏污点影响程度明显降低。同时,从表3的数据可以看出,PV>PV20>PVq,且从各评价标准在不同步长下相对变化率看,PV>PV20>PVq,其中PVq变化幅度很小。以上可知,PVq,PV20对表面脏污点进行了一定的去除,且PV20、PVq对UA3P检测步长相对不敏感,故可较好地排除检测仪器对结果的干扰。

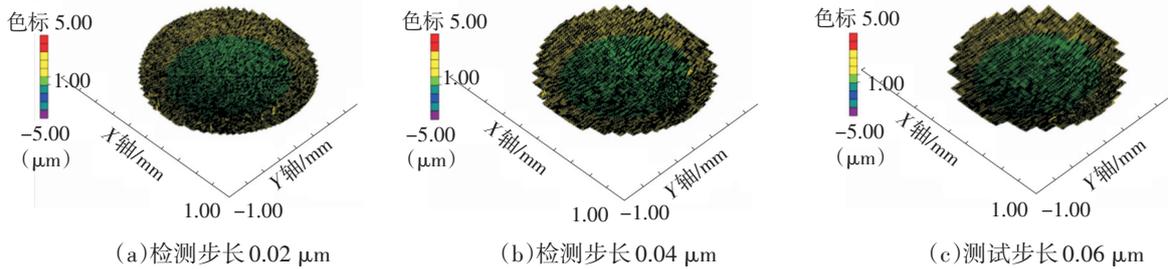


图3 三种检测步长下面形

表3 不同检测步长下的PV、PV20、PVq

评价标准	UA3P检测步长/μm			0.06/μm相对0.02/μm步长下变化率/(%)
	0.02	0.04	0.06	
PV	1.777	1.677	1.454	18.177
PV20	1.166	1.152	1.067	8.491
PVq	0.787	0.786	0.781	0.762

4 不同评价标准批次稳定性比较

在大批量生产镜片时,需要对镜片非球面面形状况进行管控,但不可能对每个镜片表面都进行检测,面形的检测一般是以抽检的形式展开的,故抽检的结果必须能较精确地表征批次的情况,因此评价标准的批次稳定性很重要。稳定性实验中,以一批量生产中的镜片为对象,选取10个不同时间段的镜片做UA3P面形扫描,根据扫描数据计算PV、PV20、PVq值。

表4给出了10个样本镜片在三种评价标准下的PV、PV20、PVq值、平均值、标准偏差及离散系数。同时图4给出了10个样本镜片PV、PV20、PVq的分布情况,图中蓝色点为各评价标准的平均值。从表4数据知三种评价标准的离散系数分别为C.V(PV)=0.556 689 2, C.V(PV20)=0.273 822 3, C.V

表4 10个样本在三种评价标准下PV、PV20、PVq值、平均值、标准偏差及离散系数

样本	评价标准		
	PV/μm	PV20/μm	PVq/μm
1	0.000 793	0.000 777	0.000 738
2	0.001 096	0.001 060	0.000 977
3	0.002 506	0.001 340	0.000 786
4	0.000 628	0.000 618	0.000 575
5	0.001 001	0.000 978	0.000 929
6	0.000 825	0.000 806	0.000 763
7	0.000 834	0.000 764	0.000 712
8	0.002 218	0.001 396	0.000 653
9	0.000 861	0.000 843	0.000 775
10	0.000 867	0.000 795	0.000 739
平均值/μm	0.001 162 9	0.000 937 7	0.000 764 7
标准偏差s/μm	0.000 647 4	0.000 256 8	0.000 118 0
离散系数C.V	0.556 689 2	0.273 822 3	0.154 263 4

(PV_q)=0.154 263 4, $PV > PV_{20} > PV_q$, 说明 PV 评价标准所得的值离散程度大, PV_q 评价标准所得值的离散程度最小。结合图4更能看出 PV 标准偏离平均值较大, PV_q 各值较好地集中在平均值附近。故三种评价标准中, PV 值的随机波动性大, 不稳定, 不能去除镜片表面存在的奇异点, PV_q 随机波动性最小, 较稳定, 能有效地排除表面存在奇异点的干扰, PV_{20} 介于两者之间, 因此 PV_{20} 、 PV_q 具有较好的批次稳定性, 可以保证检测结果的有效性, 从而对镜片批次生产进行更有效、更真实地管控。

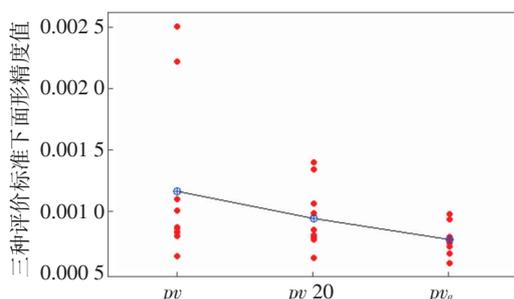


图4 三种评价标准下10个样本的 PV 、 PV_{20} 、 PV_q 分布情况

5 结论

从实验分析结果来看, PV 、 PV_{20} 、 PV_q 三种评价标准对表征理想镜片非球面差异不大, 但当镜片表面存在脏污点等奇异点时, PV 评价标准将受到很大程度的干扰, 而 PV_{20} 、 PV_q 能在一定程度上去除奇异点的影响, 从而反映镜片非球面真实情况, 去除奇异点能力 $PV_q > PV_{20}$; 同时 PV_{20} 、 PV_q 在排除检测

仪器精度影响及批次稳定性方面多具有较好的效果。因此将 PV_{20} 、 PV_q 评价标准导入 UA3P 检测镜片非球面面形过程中, 特别是对于具有大的有效面的镜片, 将得到更可靠更稳定的结果; 同时 PV_{20} 、 PV_q 可为今后进行镜片面形设计提出合理的设计参数, 以及保证相关光学元件加工质量提供一定的指导意义。

参考文献

- [1] 黄航星, 金伟民, 鲁丁. 一款超薄非球面手机镜头设计[J]. 应用光学, 2010, 31(3): 365-369.
- [2] 孙可. 一种塑料光学非球面镜片的成型技术[J]. 工程塑料应用, 2009(6): 27-29.
- [3] 庄怀港. 非球面塑料光学镜片成型工艺仿真与优化[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
- [4] 勾志勇, 王江, 王楚, 等. 非球面光学设计技术综述[J]. 激光杂志, 2006, 27(3): 1-2.
- [5] 谢高容. 非球面镜片面形检测技术综述[J]. 光学仪器, 2007, 29(2): 87-90.
- [6] 戴斌飞. 面形精度评价方法研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2005.
- [7] 程子清. 非球面光学元件检测方法的研究[D]. 中国舰船研究院, 2005.
- [8] 贾世奎, 李成贵, 杨辉, 等. 非球面光学元件面形检测方法[J]. 上海计量测试, 2009, 213(5): 1-6.
- [9] 徐德衍, 王青, 高志山, 等. 现行光学元件检测与国际标准[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 94-100.
- [10] 高波, 李瑞洁, 魏小红, 等. 关于光学元件面形评价参数峰谷值 (PV) 的分析[J]. 应用光学, 2010, 31(6): 1046-1049.

版权声明

本刊已成为《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊、《中文科技期刊数据库》收录期刊、《中国期刊全文数据库》全文收录期刊、《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊、美国《乌利希期刊指南》收录期刊, 并加入中国光学期刊网, 建立了《光电技术应用》期刊网站, 所刊载的文章在国内外数据库检索机构及网站(包括纸板、光盘版、网络版)报道时, 不再征求作者意见。稿件刊登录用后作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给, 并赠送当期样刊两份。